I Erläuterungen

Voraussetzungen gemäß KCBG und Abiturerlassen BG jeweils in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung

Standardbezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Kompetenzbereiche sind für die Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe besonders bedeutsam. Darüber hinaus können weitere, hier nicht ausgewiesene Kompetenzbereiche für die Bearbeitung der Aufgabe nachrangig bedeutsam sein, zumal die Kompetenzbereiche in engem Bezug zueinander stehen. Die Operationalisierung des Bezugs zu den Kompetenzbereichen des Standardbezugs erfolgt in Abschnitt II.

Aufgabe	Kompetenzbereiche				
	K1	K2	K3	K4	K5
1.1		X			
1.2.1		X			
1.2.2			X		
1.3.1		X			
1.3.2		X			
1.4.1				X	
1.4.2					X
2.1				X	
2.2.1	X				
2.2.2					X
2.2.3			X		

Inhaltlicher Bezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Themenfelder sind die wesentliche inhaltliche Grundlage für die vorliegenden Aufgaben. Darüber hinaus können weitere, hier nicht explizit ausgewiesene Themenfelder für die Bearbeitung nachrangig bedeutsam sein.
Q1: Wechselstromtechnik
Q2: Wechselstromnetze
Q3: Embedded Systems
verbindliche Themenfelder: Ohmscher Widerstand, Induktivität und Kapazität (Q1.1), Grundschaltungen von Wechselstromwiderständen (Q1.2), Komplexe Wechselstromgrundschaltungen (Q2.1), Siebschaltungen (Q2.5), Mikrocontrollerbasierte Softwarelösungen (Q3.1), Modularisierung und komplexe Datenstrukturen (Q3.2), Messtechnische Anwendung des Mikrocontrollers (Q3.4)

II Lösungshinweise

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Selbstverständlich sind jedoch Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, ebenso zu akzeptieren.

Aufg.	erwartete Leistungen	BE I	BE II	BE III
1.1	herleiten $R = X_C \Rightarrow R = \frac{1}{\omega \cdot C} \Rightarrow R = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_g \cdot C} \Rightarrow f_g = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$		3	
	berechnen $f_g = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 231\Omega \cdot 1\mu F} = 688{,}98\,\text{Hz}$	2		
1.2.1	berechnen Diagramm: $\hat{U}_E = 5\,\text{V}$ und $T = 2\,\text{ms}$ $U_E = \frac{\hat{U}_E}{\sqrt{2}} = \frac{5\,\text{V}}{\sqrt{2}} = 3{,}54\,\text{V}$ $f = \frac{1}{T} = 500\,\text{Hz}$ $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 500\,\text{Hz} \cdot 1\mu F} = 318{,}31\Omega$ $\underline{Z} = R - \text{j}\,X_C = 231\Omega - \text{j}318{,}31\Omega = 393{,}30\Omega \cdot e^{-\text{j}54{,}03°}$ $\underline{I} = \frac{\underline{U}_E}{\underline{Z}} = \frac{3{,}54\,\text{V} \cdot e^{\text{j}0°}}{393{,}30\Omega \cdot e^{-\text{j}54{,}03°}} = 5{,}29\,\text{mA} + \text{j}7{,}28\,\text{mA} = 9{,}00\,\text{mA} \cdot e^{\text{j}54{,}03°}$ $\underline{U}_A = \underline{I} \cdot \underline{X}_C = (5{,}29\,\text{mA} + \text{j}7{,}28\,\text{mA}) \cdot (-\text{j}318{,}31\Omega)$ $\underline{U}_A = 2{,}32\,\text{V} - \text{j}1{,}68\,\text{V} = 2{,}86\,\text{V} \cdot e^{-\text{j}36{,}00°}$ $\underline{U}_A$ eilt $\underline{U}_E$ um 36° nach. Dies entspricht dem zehnten Teil einer Periodendauer. Die Sinuskurve für $\underline{U}_A$ muss also gegenüber $\underline{U}_E$ um 0,2 ms nach rechts verschoben werden. Für den Spitzenwert für $\underline{U}_A$ gilt: $\hat{U}_A = \sqrt{2} \cdot U_A = \sqrt{2} \cdot 2{,}86\,\text{V} = 4{,}04\,\text{V}$	3	8	
	skizzieren (Diagramm: u / V über t / ms mit den Kurven u_E und u_A)		3	

Aufg.	erwartete Leistungen	BE I	BE II	BE III
1.2.2	erklären $f \to 0 \Rightarrow X_C \to \infty \Rightarrow U_A = U_E = 10\,\text{V}$ (Punkt auf der reellen Achse) $f \to \infty \Rightarrow X_C \to 0 \Rightarrow U_A = 0\,\text{V}$ (Punkt im Koordinatenursprung)			3
	berechnen Für $f_1 = 200\,\text{Hz}$ ergibt sich: $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 200\,\text{Hz} \cdot 1\,\mu\text{F}} = 795{,}77\,\Omega$ $\underline{Z} = R - \text{j}X_C = 231\,\Omega - \text{j}795{,}77\,\Omega$ $\frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E} = \frac{\underline{X}_C}{\underline{Z}} \Rightarrow \underline{U}_{A_1} = \underline{U}_E \cdot \frac{\underline{X}_C}{\underline{Z}} = 10\,\text{V} \cdot \frac{-\text{j}795{,}77\,\Omega}{231\,\Omega - \text{j}795{,}77\,\Omega} = 9{,}22\,\text{V} - \text{j}2{,}68\,\text{V}$ Der gleiche Rechenweg liefert bei $f_2 = 2\,\text{kHz}$ folgende Werte: $X_C = 79{,}58\,\Omega$ $\underline{Z} = R - \text{j}X_C = 231\,\Omega - \text{j}79{,}58\,\Omega$ $\underline{U}_{A_2} = 1{,}06\,\text{V} - \text{j}3{,}08\,\text{V}$	1	4	
	zeichnen Im {U} f => unendlich f => 0 Hz Re {U} UA1 UA2	1	2	
1.3.1	berechnen $f_g = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \Rightarrow L = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f_g^2 \cdot C} = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot (300\,\text{Hz})^2 \cdot 6{,}8\,\mu\text{F}} = 41{,}39\,\text{mH}$ $R = \sqrt{2} \cdot X_C = \sqrt{2} \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_g \cdot C} = 110{,}33\,\Omega$	4		
1.3.2	berechnen $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 1200\,\text{Hz} = 7539{,}82\,\text{s}^{-1}$ $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{7539{,}82\,\text{s}^{-1} \cdot 3{,}3\,\mu\text{F}} = 40{,}19\,\Omega$ $X_L = \omega \cdot L = 7539{,}82\,\text{s}^{-1} \cdot 3\,\text{mH} = 22{,}62\,\Omega$ $\underline{Z} = R + \text{j}X_L - \text{j}X_C = 30\,\Omega - \text{j}17{,}57\,\Omega = 34{,}77\,\Omega \cdot \text{e}^{-\text{j}30{,}4^\circ}$ $\underline{I} = \frac{\underline{U}_E}{\underline{Z}} = \frac{20\,\text{V} \cdot \text{e}^{\text{j}0}}{34{,}77\,\Omega \cdot \text{e}^{-\text{j}30{,}4^\circ}} = 0{,}58\,\text{A} \cdot \text{e}^{\text{j}30{,}4^\circ}$ $\underline{S} = \underline{U}_E \cdot \underline{I}^* = 20\,\text{V} \cdot \text{e}^{\text{j}0} \cdot 0{,}58\,\text{A} \cdot \text{e}^{-\text{j}30{,}4^\circ} = 11{,}6\,\text{VA} \cdot \text{e}^{-\text{j}30{,}4^\circ}$		6	

Nicht für den Prüfling bestimmt

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE**		
		I	**II**	**III**
1.4.1	entwickeln Den komplexen Scheinwiderstand in die algebraische Form umrechnen: $\underline{Z}_{LS1} = \underline{Z}_{LS2} = 7{,}2\,\Omega + \mathrm{j}10{,}08\,\Omega$ Der Scheinwiderstand besitzt einen Wirk- und einen positiven Blindanteil. Dieser Scheinwiderstand ist durch eine RL-Reihenschaltung realisierbar. Der Wirkwiderstand ist direkt ablesbar: $R = 7{,}2\,\Omega$ Aus dem ebenfalls direkt ablesbaren Blindwiderstand X_L wird L berechnet: $X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$ $L = \dfrac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \dfrac{10{,}08\,\Omega}{2 \cdot \pi \cdot 800\,\mathrm{Hz}} = 2\,\mathrm{mH}$ zeichnen 7,2 Ω 2 mH	1	1	4
1.4.2	berechnen $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 800\,\mathrm{Hz} = 5026{,}55\,\mathrm{s}^{-1}$ $X_{C1} = \dfrac{1}{\omega \cdot C_1} = \dfrac{1}{5026{,}55\,\mathrm{s}^{-1} \cdot 3{,}3\,\mu\mathrm{F}} = 60{,}29\,\Omega$ $X_{C2} = \dfrac{1}{\omega \cdot C_2} = \dfrac{1}{5026{,}55\,\mathrm{s}^{-1} \cdot 10\,\mu\mathrm{F}} = 19{,}89\,\Omega$ $X_{L1} = \omega \cdot L_1 = 5026{,}55\,\mathrm{s}^{-1} \cdot 0{,}3\,\mathrm{mH} = 1{,}51\,\Omega$ $X_{L2} = \omega \cdot L_2 = 5026{,}55\,\mathrm{s}^{-1} \cdot 1{,}0\,\mathrm{mH} = 5{,}03\,\Omega$ $\underline{Z}_{LS1} = \underline{Z}_{LS2} = 12{,}4\,\Omega \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{j}54{,}4°} = 7{,}2\,\Omega + \mathrm{j}10{,}08\,\Omega$ $\underline{Z}_{L1,LS1} = \left(\dfrac{1}{\mathrm{j}X_{L1}} + \dfrac{1}{\underline{Z}_{LS1}}\right)^{-1} = 0{,}09\,\Omega + \mathrm{j}1{,}37\,\Omega = 1{,}37\,\Omega \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{j}86{,}3°}$ $\underline{Z}_{HP} = \underline{Z}_{L1,LS1} - \mathrm{j}X_{C1} = 0{,}09\,\Omega - \mathrm{j}58{,}92\,\Omega = 58{,}92\,\Omega \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}89{,}9°}$ $\underline{I}_{HP} = \dfrac{\underline{U}_E}{\underline{Z}_{HP}} = 0{,}26\,\mathrm{mA} + \mathrm{j}169{,}72\,\mathrm{mA} = 169{,}72\,\mathrm{mA} \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{j}89{,}9°}$ $\underline{U}_{A1} = \underline{I}_{HP} \cdot \underline{Z}_{L1,LS1} = -0{,}23\,\mathrm{V} + \mathrm{j}0{,}02\,\mathrm{V} = 0{,}23\,\mathrm{V} \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{j}176{,}2°}$ $\underline{U}_{C1} = \underline{U}_E - \underline{U}_{A1} = 10{,}23\,\mathrm{V} - \mathrm{j}0{,}02\,V = 10{,}23\,\mathrm{V} \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}0{,}1°}$ $\underline{Z}_{C2,LS2} = \left(\dfrac{\mathrm{j}}{X_{C2}} + \dfrac{1}{\underline{Z}_{LS2}}\right)^{-1} = 19{,}16\,\Omega + \mathrm{j}6{,}29\,\Omega = 20{,}17\,\Omega \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{j}18{,}2°}$ $\underline{Z}_{TP} = \underline{Z}_{C2,LS2} + \mathrm{j}X_{L2} = 19{,}16\,\mathrm{V} + \mathrm{j}11{,}32\,\mathrm{V} = 22{,}25\,\mathrm{V} \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{j}30{,}6°}$ $\underline{I}_{TP} = \dfrac{\underline{U}_E}{\underline{Z}_{TP}} = 386{,}88\,\mathrm{mA} - \mathrm{j}228{,}57\,\mathrm{mA} = 449{,}35\,\mathrm{mA} \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}30{,}6°}$ $\underline{U}_{A2} = \underline{I}_{TP} \cdot \underline{Z}_{C2,LS2} = 8{,}85\,\mathrm{V} - \mathrm{j}1{,}95\,\mathrm{V} = 9{,}06\,\mathrm{V} \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}12{,}4°}$ $\underline{U}_{L2} = \underline{U}_E - \underline{U}_{A2} = 1{,}15\,\mathrm{V} + \mathrm{j}1{,}95\,\mathrm{V} = 2{,}26\,\mathrm{V} \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{j}59{,}5°}$			

Aufg.	erwartete Leistungen	BE		
		I	II	III
	Weil nur die Beträge der Scheinleistungen berechnet werden sollen, verkürzen sich die Rechenwege: $S_{LS1} = \frac{U_{A1}^2}{Z_{LS1}} = \frac{(0{,}23\,\text{V})^2}{12{,}4\,\Omega} = 4{,}27\,\text{mVA}$ $S_{LS2} = \frac{U_{A2}^2}{Z_{LS2}} = \frac{(9{,}06\,\text{V})^2}{12{,}4\,\Omega} = 6{,}62\,\text{VA}$	7	7	
	vergleichen Am Hochpass sind Ausgangsspannung und -leistung extrem gering, fast null. Beim Tiefpass sind beide Werte erheblich größer. Die Ausgangsspannung entspricht ungefähr der Eingangsspannung der Frequenzweiche.	3		
	bewerten Die Frequenz von 800 Hz scheint deutlich unterhalb der Grenzfrequenz zu liegen. Für den Hochtonlautsprecher wird das Signal fast vollständig gesperrt, während der Tieftonlautsprecher fast verlustfrei angesteuert wird. Damit kommt die Schaltung einer idealen Frequenzweiche sehr nahe.			3
	Summe 66	**22**	**34**	**10**

Aufg.	erwartete Leistungen	BE		
		I	II	III
2.1	implementieren (Programmcode siehe unten)		5	15

```
long startzeitHoch = 0;

void setup()
{
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(12, OUTPUT);
  pinMode(9, INPUT);
  pinMode(8, INPUT);
  pinMode(6, INPUT);
  pinMode(5, INPUT);
}

void loop()
{
  if((digitalRead(tasterHoch) == HIGH) &&
      digitalRead(istOben) == LOW)
  {
    hochfahren();
  }

  if((digitalRead(tasterRunter) == HIGH) &&
      digitalRead(istUnten) == LOW)
  {
    herunterfahren();
  }
}
```

Aufg.	erwartete Leistungen	BE I	BE II	BE III

(Fortsetzung)

```
void hochfahren()
{
  startzeitHoch = millis();
  digitalWrite(motorRunter, LOW);
  digitalWrite(motorHoch, HIGH);

  while(true)
  {
    if(digitalRead(istOben) == HIGH)
    {
      break;
    }

    if((digitalRead(tasterHoch) == LOW) && ((millis() -
      startzeitHoch) < 2000))
    {
      break;
    }
  }

  digitalWrite(motorHoch, LOW);
}
```

2.2.1 erläutern (BE: I 4, II 1)

Der in den Eingang A0 fließende Strom ist vernachlässigbar klein. Damit bilden die Widerstände R und LDR einen Spannungsteiler. Die Gesamtspannung beträgt 5 V. Wenn die Beleuchtungsstärke steigt, verringert sich der Widerstandswert des LDR. Weil R konstant ist, fällt über dem LDR jetzt eine geringere Teilspannung ab. Durch das Messen dieser Teilspannung kann damit die Beleuchtungsstärke ermittelt werden.

2.2.2 berechnen (BE: I 4, II 2)

laut Kennlinie ergibt sich: $R_{\mathrm{LDR}} = 60\,\Omega$

$$\frac{U_{\mathrm{LDR}}}{5\,\mathrm{V}} = \frac{R_{\mathrm{LDR}}}{R_{\mathrm{LDR}} + R} \qquad U_{\mathrm{LDR}} = 5\,\mathrm{V} \cdot \frac{R_{\mathrm{LDR}}}{R_{\mathrm{LDR}} + R} = 5\,\mathrm{V} \cdot \frac{60\,\Omega}{60\,\Omega + 1000\,\Omega} = 0{,}283\,\mathrm{V}$$

10-Bit-Wandler erzeugt 1024 Spannungsstufen:

$$\frac{0{,}283\,\mathrm{V}}{5\,\mathrm{V}} = \frac{\mathrm{int}\,Wert}{1023} \qquad \mathrm{int}\,Wert = 1023 \cdot \frac{0{,}283\,\mathrm{V}}{5\,\mathrm{V}} = 57{,}902 \approx 58$$

2.2.3 implementieren (BE: II 2, III 1)

```
int pruefenHelligkeit(int grenzwert)
{
  if(analogRead(A0) < grenzwert)
  {
    return HIGH;
  }
  return LOW;
}
```

		I	II	III
	Summe 34	**8**	**10**	**16**

III Bewertung und Beurteilung

Die Bewertung und Beurteilung erfolgt unter Beachtung der nachfolgenden Vorgaben nach § 33 der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung. Bei der Bewertung und Beurteilung der sprachlichen Richtigkeit in der deutschen Sprache sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 12 Satz 3 OAVO in Verbindung mit Anlage 9b anzuwenden.

Bei der Bewertung und Beurteilung der Übersetzungsleistung in den Fächern Latein und Altgriechisch sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 14 OAVO in Verbindung mit Anlage 9c anzuwenden.

Der Fehlerindex ist nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO zu berechnen. Für die Ermittlung der Punkte nach Anlage 9a zu § 9 Abs. 12 OAVO sowie Anlage 9c zu § 9 Abs. 14 OAVO wird jeweils der ganzzahlige nicht gerundete Prozentsatz bzw. Fehlerindex zugrunde gelegt.

Für die Bewertung in den modernen Fremdsprachen ist der „Erlass zur Bewertung und Beurteilung von schriftlichen Arbeiten in allen Grund- und Leistungskursen der neu beginnenden und fortgeführten modernen Fremdsprachen in der gymnasialen Oberstufe, dem beruflichen Gymnasium, dem Abendgymnasium und dem Hessenkolleg“ vom 7. August 2020 (ABl. S. 519) zugrunde zu legen. Demnach erfolgt die Bewertung und Beurteilung mit der Maßgabe, dass lediglich bei der Ermittlung des Prüfungsergebnisses (Note) aus Prüfungsteil 1 und 2 gerundet wird.

Darüber hinaus sind die Vorgaben der Erlasse „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen (Abiturerlass)“, „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen im beruflichen Gymnasium (fachrichtungs-/ schwerpunktbezogene Fächer) (Abiturerlass BG)“ und „Durchführungsbestimmungen zum Landesabitur“ in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung zu beachten.

Als Kriterien für die Bewertung und Beurteilung dienen unter Beachtung der Zielsetzung der gymnasialen Oberstufe nach § 1 Abs. 2 OAVO neben dem Inhaltlichen auch die in den Kerncurricula genannten überfachlichen Kompetenzen, insbesondere die Sprachkompetenz und Wissenschaftspropädeutik; dies zeigt sich u.a. in qualitativen Merkmalen wie Strukturierung, Differenziertheit, (fach-)sprachlicher Gestaltung und Schlüssigkeit der Argumentation.

Im Fach Elektrotechnik besteht die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung eines Vorschlags, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass mindestens 45% der zu vergebenden BE erreicht werden. Ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)** setzt voraus, dass mindestens 75% der zu vergebenden BE erreicht werden.

Gewichtung der Aufgaben und Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen

Aufgabe	**Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen**			**Summe**
	AFB I	**AFB II**	**AFB III**	
1	22	34	10	**66**
2	8	10	16	**34**
Summe	**30**	**44**	**26**	**100**

Die auf die Anforderungsbereiche verteilten Bewertungseinheiten innerhalb der Aufgaben sind als Richtwerte zu verstehen.